

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053524

International filing date: 15 December 2004 (15.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

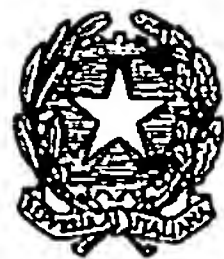
Document details: Country/Office: IT  
Number: TO2003A 001013  
Filing date: 16 December 2003 (16.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 28 February 2005 (28.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



EP/04/53524

# Ministero delle Attività Produttive

*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*

*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*

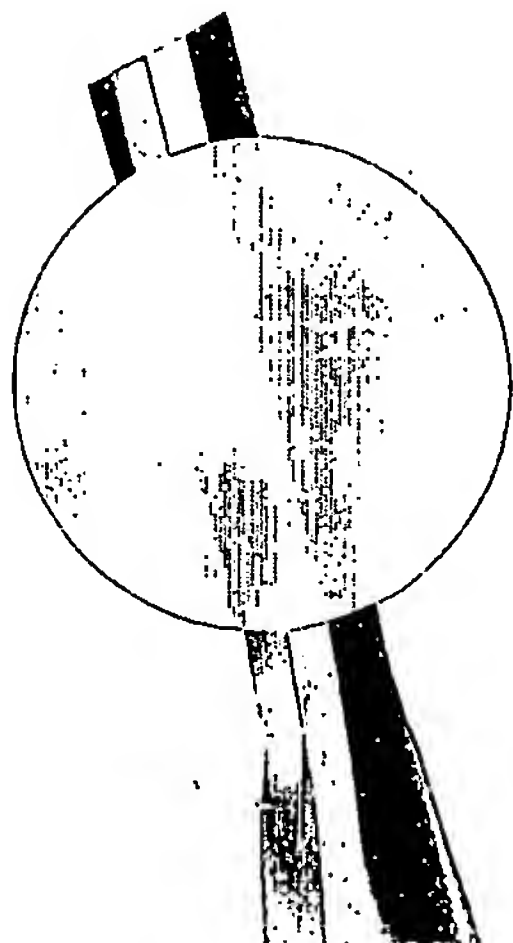
*Ufficio G2*



**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:  
INVENZIONE INDUSTRIALE N. TO 2003 A 001013.**

Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

ROMA li 12 GEN. 2005



IL FUNZIONARIO

*Paola Giuliano*

**Dr.ssa Paola Giuliano**

# MODULO A (1/2)

Cassa 323/AEN  
Ns CAMERA DI COMM.  
INDUSTRIA ARTIGIANA  
DI TORINO



AL MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI (U.I.B.M.)

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE N° 0003A000013

## A. RICHIEDENTE/I

COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1	ANSALDO ENERGIA S.P.A.		
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2	PG	COD.FISCALE PARTITA IVA	A3 03279700102
INDIRIZZO COMPLETO	A4	VIA NICOLA LORENZI, 8 - 16152 GENOVA (GE)		
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1			
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2		COD.FISCALE PARTITA IVA	A3
INDIRIZZO COMPLETO	A4			
<b>B. RECAPITO OBBLIGATORIO IN MANCANZA DI MANDATARIO</b>				
	B0	(D = DOMICILIO ELETTIVO, R = RAPPRESENTANTE)		
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	B1			
INDIRIZZO	B2			
CAP/ LOCALITA'/PROVINCIA	B3			
<b>C. TITOLO</b>	C1	SISTEMA DI SMORZAMENTO DI INSTABILITA' TERMOACUSTICHE IN UN DISPOSITIVO COMBUSTORE PER UNA TURBINA A GAS		

## D. INVENTORE/I DESIGNATO/I (DA INDICARE ANCHE SE L'INVENTORE COINCIDE CON IL RICHIEDENTE)

COGNOME E NOME	D1	POLLAROLO Giacomo
NAZIONALITA'	D2	
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITA'	D2	
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITA'	D2	
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITA'	D2	

<b>E. CLASSE PROPOSTA</b>	SEZIONE	CLASSE	SOTTOCLASSE	GRUPPO	SOTTOGRUPPO
	E1	E2	E3	E4	E5

## F. PRIORITA'

DERIVANTE DA PRECEDENTE DEPOSITO ESEGUITO ALL'ESTERO

STATO O ORGANIZZAZIONE	F1		Tipo	F2	
NUMERO DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	/ /
STATO O ORGANIZZAZIONE	F1		Tipo	F2	
NUMERO DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	/ /
<b>G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI</b>	G1				
FERMA DEL / DEI RICHIEDENTE / I		358/BM - PLEBANI Rinaldo STUDIO TORTA S.R.L.			



## MODULO A (2/2)

### L. MANDATARIO DEL RICHIEDENTE PRESSO L'UIBM

LA/E SOTTOINDICATA/E PERSONA/E HA/HANNO ASSUNTO IL MANDATO A RAPPRESENTARE IL TITOLARE DELLA PRESENTE DOMANDA DINNANZI ALL'UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI CON L'INCARICO DI EFFETTUARE TUTTI GLI ATTI AD ESSA CONNESSI (DPR 20.10.1998 n. 403).

NUMERO ISCRIZIONE ALBO E NOME:	I1	251/BM BOGGIO LUIGI; 615/BM BONGIOVANNI SIMONE; 533/BM BORRELLI RAFFAELE; 426/BM CERBARO ELENA; 482/BM FRANZOLIN LUIGI; 294/BM JORIO PAOLO; 123/BM LO CIGNO GIOVANNI; 987/BM MACCAGNAN MATTEO; 359/BM MODUGNO CORRADO; 358/BM PLEBANI RINALDO; 252/BM PRATO ROBERTO; 545/BM REVELLI GIANCARLO; 842/B BELLEMO MATTEO; 843/B BERGADANO MIRKO; 959/B CERNUZZI DANIELE; 846/B D'ANGELO FABIO; 847/B ECCETTO MAURO; 999/B LOVINO PAOLO; 1000/B MANCONI STEFANO; 1001/B MANGINI SIMONE
DENOMINAZIONE STUDIO	I2	STUDIO TORTA S.r.l.
INDIRIZZO	I3	Via Viotti, 9
CAP/ LOCALITA'/PROVINCIA	I4	10121 TORINO (TO)
L. ANNOTAZIONI SPECIALI	L1	Per la migliore comprensione dell'invenzione è stato necessario depositare disegni con diciture come convenuto dalla Convenzione Europea sulle formalità alle quali l'Italia ha aderito.

### M. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA O CON RISERVA DI PRESENTAZIONE

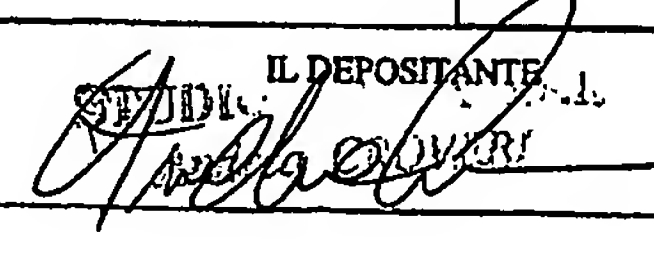

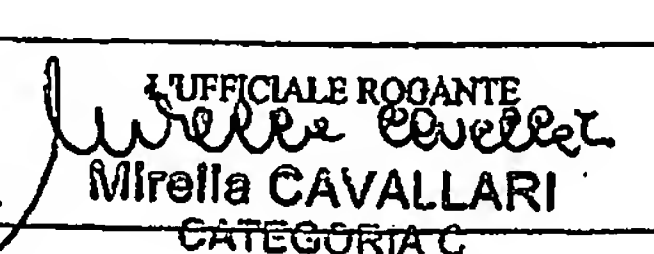
TIPO DOCUMENTO	N. Es. ALL.	N. Es. RIS.	N. PAG. PER ESEMPLARE
PROSPETTO A, DESCRIZ., RIVENDICAZ. (OBBLIGATORI 2 ESEMPLARI)	2		26
DISEGNI (OBBLIGATORI SE CITATI IN DESCRIZIONE, 2 ESEMPLARI)	2		2
DESIGNAZIONE D'INVENTORE	1		
DOCUMENTI DI PRIORITÀ CON TRADUZIONE IN ITALIANO			
AUTORIZZAZIONE O ATTO DI CESSIONE			

	(SI/NO)
LETTERA D'INCARICO	SI
PROCURA GENERALE	NO
RIFERIMENTO A PROCURA GENERALE	NO

ATTESTATI DI VERSAMENTO	Euro	DUECENTONOVANTUNO/80	
FOGLIO AGGIUNTIVO PER I SEGUENTI PARAGRAFI (BARRARE I PRESCELTI) DEL PRESENTE ATTO SI CHIEDE COPIA AUTENTICA? (SI/NO)	A	D	F
SI CONCEDE ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO? (SI/NO)	SI		
	NO		
DATA DI COMPILAZIONE	16/12/2003		

FIRMA DEL/DEI RICHIEDENTE/I

358/BM - PLEBANI Rinaldo  
STUDIO TORTA S.R.L.

VERBALE DI DEPOSITO			
NUMERO DI DOMANDA	TO 2003 AGU 1013		
C.C.I.A.A. DI	TORINO		COD. 01
IN DATA	16/12/2003	IL/I RICHIEDENTE/I SOPRAINDICATO/I HA/HANNO PRESENTATO A ME SOTTOSCRITTO	
LA PRESENTE DOMANDA, CORREDATA DI N. 0		FOGLI AGGIUNTIVI, PER LA CONCESSIONE DEL BREVETTO SOPRA RIPORTATO.	
N. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE			
IL DEPOSITANTE		TIMRO	L'UFFICIALE ROGANTE
			
			Mirella CAVALLARI CATEGORIA C

# PROSPETTO MODULO A

## DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE

NUMERO DI DOMANDA:

10 2003 A 301013

DATA DI DEPOSITO:

16/12/2003

A. RICHIEDENTE/ COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE, RESIDENZA O STATO;

ANSALDO ENERGIA S.P.A.

VIA NICOLA LORENZI, 8

16152 GENOVA (GE)

## C. TITOLO

SISTEMA DI SMORZAMENTO DI INSTABILITA' TERMOACUSTICHE IN UN DISPOSITIVO COMBUSTORE PER UNA TURBINA A GAS

SEZIONE

CLASSE

SOTTOCLASSE

GRUPPO

SOTTOGRUPPO

E. CLASSE PROPOSTA

## O. RIASSUNTO

*Sistema (1) di smorzamento d'instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore (2) per una turbina a gas, il dispositivo combustore includendo almeno una camera di combustione (4), in particolare di tipo anulare, ed almeno un bruciatore (7) associato a detta camera di combustione e montato in corrispondenza di una porzione (8) frontale di monte (rispetto alla direzione di flusso 6 dei gas combusti) della camera di combustione; il sistema di smorzamento includendo almeno un risonatore di Helmholtz (12) includente un involucro (13) definente al proprio interno un volume prefissato (14) ed un collo (15) di collegamento idraulico tra detto volume prefissato (14) e detta camera di combustione (4), il quale collo è collegato ad un lato di detta camera di combustione lontano da detta porzione frontale di monte (8) della stessa provvista di detto almeno un bruciatore. L'involucro (13) del risonatore include mezzi per variare il citato volume prefissato entro un intervallo stabilito e mezzi (18) di adduzione di un fluido di raffreddamento.*

## P. DISEGNO PRINCIPALE

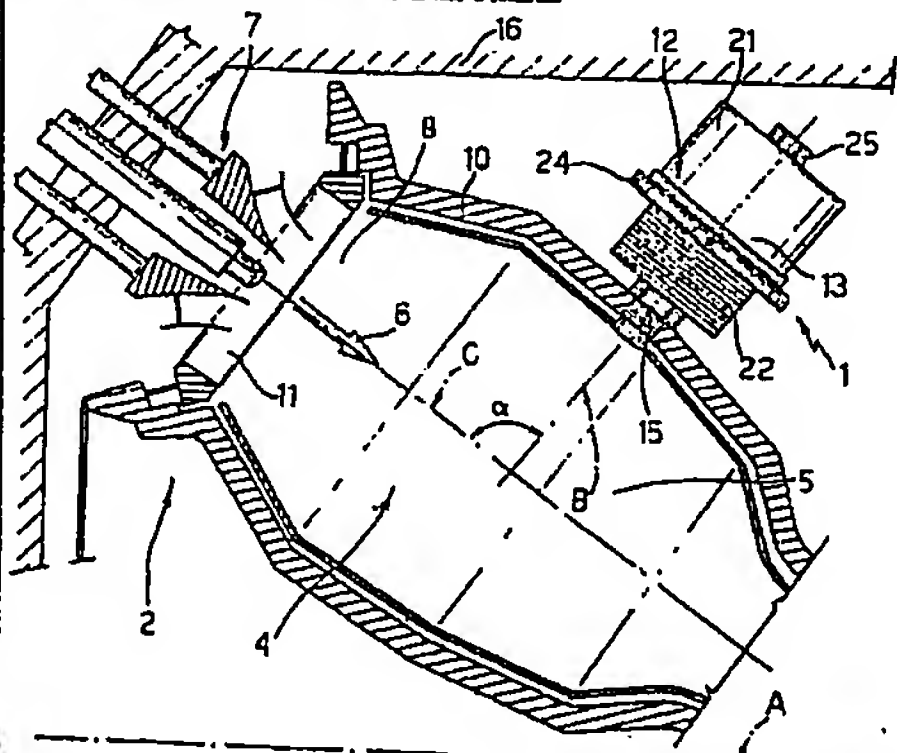


Fig.1

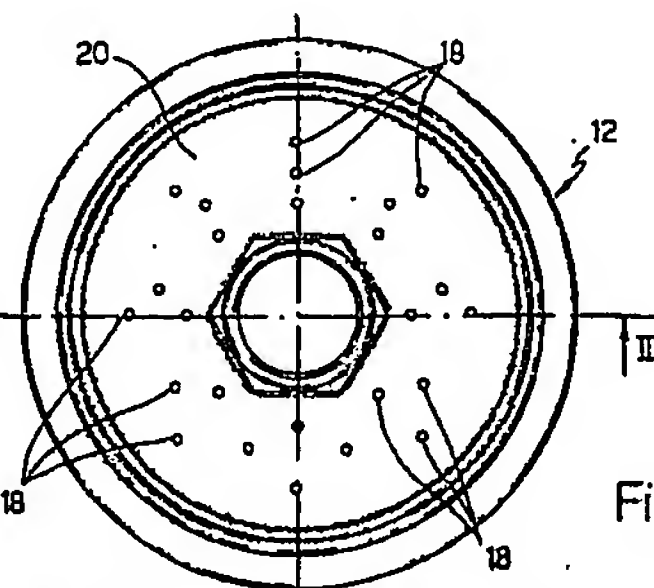


Fig.2

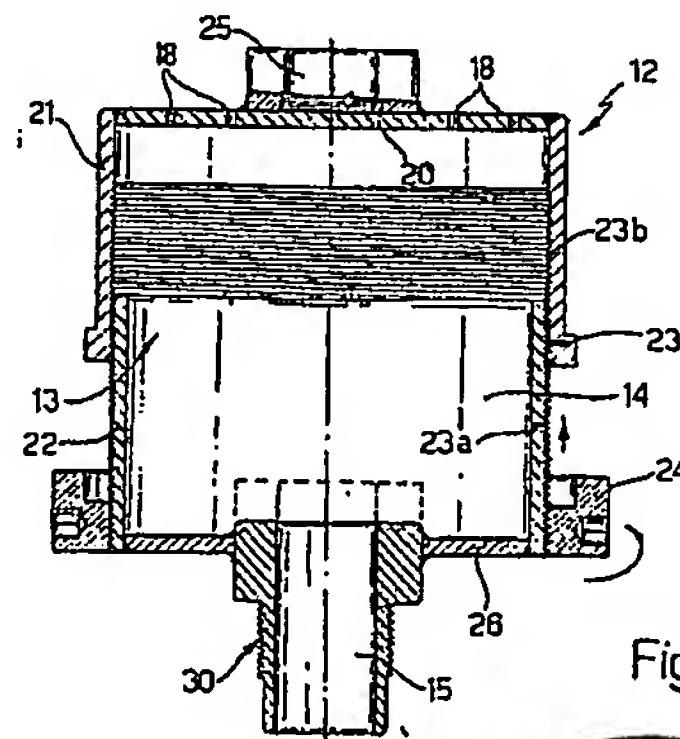


Fig.3

FIRMA DEL / DEI  
RICHIEDENTE / I

358/BM - PLEBANI, Rina

STUDIO TORTA S.R.L.

CAMERA D'INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
DI TORINO



D E S C R I Z I O N E

del Brevetto per Invenzione Industriale

di ANSALDO ENERGIA S.P.A.

di nazionalità italiana,

con sede in VIA NICOLA LORENZI, 8, 16152 GENOVA

Inventore: POLLAROLO Giacomo

16 DIC. 2003

\*\*\*

IT 2003 A0 01013

La presente invenzione è relativa ad un sistema di smorzamento d'instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore comprendente almeno una camera di combustione ed almeno un bruciatore associato a detta camera di combustione, e destinato a servire una turbina a gas, facente uso di mezzi di smorzamento passivo, in particolare risonatori di Helmholtz.

E' noto che per raggiungere rendimenti sempre maggiori nelle turbine a gas, in particolare quelle di ultima generazione, è necessario sia utilizzare temperature d'inizio espansione sempre più elevate, che ottenere, nel modo più efficiente possibile, un'ottimale omogeneità di temperatura sulle pale; tali risultati si possono ottenere e, di fatto, attualmente si ottengono, usando camere di combustione a geometria anulare.

Le camere di combustione sopracitate consentono ottime prestazioni sia per quanto riguarda l'efficienza

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

di combustione, sia per quello che concerne la limitazione delle emissioni inquinanti e l'elevata densità di rilascio termico ( $\text{MWth/m}^3$ ); tuttavia, in base ai risultati di alcune verifiche, si può affermare che la geometria anulare, associata ad elevate densità di rilascio termico, può favorire l'insorgenza di fenomeni d'instabilità termoacustica; questi ultimi si manifestano con forti oscillazioni di pressione all'interno della camera di combustione, in corrispondenza di frequenze ben definite e caratteristiche della geometria del combustore e delle condizioni d'esercizio. Tali oscillazioni possono provocare vibrazioni indesiderate nella turbina e danneggiarne i componenti.

Per limitare questo problema, i costruttori di turbine a gas (nel seguito dette anche, sinteticamente, "turbogas") hanno sviluppato tecniche diverse.

Alcune tecniche si basano sul disaccoppiamento delle frequenze forzanti, generate dalle peculiarità del bruciatore, con le frequenze proprie del sistema meccanico che entra in vibrazione; altre, sul controllo del combustibile in controfase con l'insorgere delle oscillazioni di pressione (controllo attivo). Tuttavia questi metodi, prevalentemente di tipo attivo, presentano organi in movimento e/o la necessità di

PLEBANI Rinaldo  
(Iscrizione Albo n. 358/BAI)

effettuare operazioni di controllo e di regolazione durante il ciclo di esercizio della turbina a gas.

Sono poi noti sistemi di smorzamento passivo, basati sull'utilizzo di dispositivi dissipatori, in particolare di risonatori di Helmholtz, che catturano l'onda acustica e ne smorzano l'ampiezza, dissipandone l'energia.

Ad esempio, il brevetto USA n.° 6,530,221 è relativo ad un sistema in cui i dissipatori utilizzati non sono dei risonatori di Helmholtz, ma degli elementi scatolati forati; un tale tipo di elemento dissipatore può creare i seguenti problemi:

- 1) si possono verificare dei danni alla palettatura della turbina, qualora uno degli elementi scatolati sia danneggiato a causa delle vibrazioni;
- 2) l'applicazione degli elementi scatolati è possibile solo sui combustori di tipo canulare e non su quelli anulari, in quanto, nella soluzione prevista dal brevetto, il risonatore è montato sulla canna.

Il brevetto USA n.° 6,530,221 descrive l'utilizzo di un dispositivo risonatore per l'applicazione del quale è necessario riprogettare la cassa d'aria (un involucro circondante la camera di combustione ed adducente alla stessa l'aria comburente) e la camera di combustione; il meccanismo di regolazione del volume

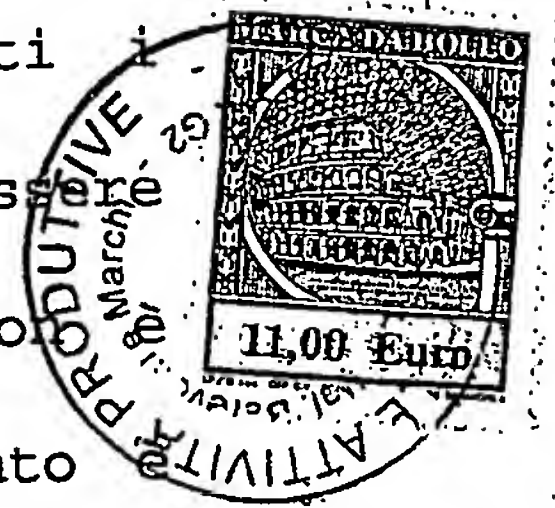
PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



relativo al risonatore appare inoltre molto delicato.

La domanda di brevetto inglese GB 2 288 660 A descrive un sistema in cui i risonatori utilizzati sono dei classici risonatori di Helmholtz, dimensionati secondo relazioni di letteratura. Tuttavia, non è chiarita la posizione in cui andrebbero montati i risonatori sulla camera di combustione per essere efficaci; inoltre, il volume del risonatore non è regolabile, per cui la frequenza di funzionamento è fissa; per ovviare a questo inconveniente i risonatori sono dotati di un complicato sistema di regolazione della temperatura interna, in modo da poter regolare la frequenza in funzione della temperatura; in teoria, il sistema si presenta flessibile, ma a scapito di complicazioni impiantistiche e strumentali, che ne limitano l'affidabilità in un ambiente particolarmente critico per temperatura e pressione come quello di una turbina a gas.

La domanda di brevetto europeo n. 0 597 138 A1 descrive infine l'applicazione di un risonatore di Helmholtz ad una camera di combustione anulare, il quale risonatore viene montato sullo stesso lato della camera di combustione (porzione di "monte" o "front plate") che porta il/i bruciatore/i. Qui e nella descrizione che segue, i termini "monte" e "valle" si



PLEBANI K. 11.00 Euro  
(iscrizione Albo n. 358/IM)

intendono riferiti alla direzione di flusso dei gas combusti nella camera di combustione.

Anche in questo caso, il volume del risonatore non è regolabile, per cui la frequenza di funzionamento è fissa; pertanto, se l'intervallo di frequenze in cui il risonatore è efficace è molto ristretto, come appare probabile dai disegni (intervallo che, per altro, in questo documento non viene definito, neppure indirettamente), lo smorzamento potrebbe risultare insufficiente in condizioni operative diverse; inoltre, la posizione di installazione prescelta per il risonatore, come i tecnici della Richiedente la presente privativa hanno sperimentalmente riscontrato, non è la posizione ottimale per il suo funzionamento; per motivi di ingombro, poi, l'applicazione del risonatore nel modo indicato in EP 0597138A1 non è possibile su camere di combustione diverse da quella ipotizzata: ad esempio, nel caso della maggior parte delle turbine note sarebbe necessario riprogettare la cassa d'aria e la camera di combustione.

Infine è da riscontrare che tutte le soluzioni note sopra descritte non definiscono l'intervallo di frequenze in cui il risonatore è efficace, né l'efficacia di smorzamento delle onde di pressione. Pertanto, lo stato dell'arte che illustra

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/EM)

l'applicazione di risonatori/smorzatori passivi alle camere di combustione di turbine a gas si limita, in pratica, a fornire pure speculazioni riguardo alla possibile efficacia delle soluzioni proposte, senza fornire di fatto all'esperto alcuna indicazione supportata da riscontri sperimentali.

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore per una turbina a gas che sia privo degli inconvenienti descritti e che risulti di comprovata efficacia.

E' anche scopo dell'invenzione quello di fornire un sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore per una turbina a gas che sia di ingombro contenuto e, in generale, tale da permetterne l'applicazione a qualsiasi camera di combustione anulare di tipo noto, che sia di facile montaggio e manutenzione, di costo contenuto, di elevata affidabilità e di struttura tale da permettere una semplice e rapida regolazione del volume del/dei risonatore/i.

In base all'invenzione viene dunque fornito un sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore per una turbina a gas secondo quanto definito nella rivendicazione 1.

PLEBANI Rinaldo  
(iscrittione Albo n. 358/BM)

In pratica, il sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo l'invenzione è utilizzabile su combustori includenti una camera di combustione di tipo anulare ed una pluralità di bruciatori associati alla camera di combustione e montati in corrispondenza di una porzione frontale di monte della camera di combustione, ove il termine "monte", come anche il termine "valle", usati qui e nel seguito, devono intendersi riferiti alla direzione di flusso di gas combusti attraversanti la camera di combustione, ad esempio diretti verso il primo stadio di una turbogas servita dal citato combustore.

Il sistema di smorzamento dell'invenzione comprende una pluralità di risonatori di Helmholtz, ciascuno dei quali comprende un involucro definente al proprio interno un volume prefissato ed un collo di collegamento idraulico tra detto volume prefissato e detta camera di combustione; e, secondo l'invenzione, è caratterizzato dal fatto che i colli sono tutti collegati ad un lato della camera di combustione lontano dalla porzione frontale di monte della stessa provvista dei bruciatori, in particolare ad una porzione di valle della camera di combustione.

Ciascun risonatore è disposto asimmetricamente in posizione circonferenziale intorno

PIBBANI Rinaldo  
(iscrittione Albo n. 3588100)

alla camera di combustione, alloggiato all'interno di un involucro di adduzione di aria comburente disposto esternamente ad una carcassa anulare delimitante la camera di combustione stessa; preferibilmente, l'involucro di ciascun risonatore comprende mezzi di adduzione di un fluido di raffreddamento consistenti in una pluralità di fori praticati passanti ed in modo asimmetrico attraverso un piatto di estremità dell'involucro, rivolto da banda opposta alla camera di combustione ed attraverso i quali una parte di aria comburente è convogliata verso la camera di combustione attraverso il volume prefissato ed il collo di ciascun risonatore.

Preferibilmente, l'involucro di ciascun risonatore comprende mezzi di regolazione di detto volume prefissato, secondo i quali l'involucro comprende due corpi tubolari conformati a tazza, che sono montati in modo telescopico coassialmente uno sull'altro, con rispettive concavità affacciate, mediante un accoppiamento filettato; una ghiera filettata di serraggio è atta ad agire da controdado per il bloccaggio selettivo dei due corpi tubolari in una pluralità di posizioni assiali relative diverse, nelle quali l'uno è più o meno avvitato sull'altro.

In questo modo, l'invenzione raggiunge

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



sorprendentemente gli scopi sopra enunciati. Infatti, la geometria descritta massimizza l'intervallo di frequenze smorzabili, rendendo inutile l'adozione di qualunque sistema "attivo" di controllo in retroazione (feedback), che potrebbe ridurre l'affidabilità del sistema. Inoltre, tale intervallo di frequenze smorzabili può venire facilmente regolato in funzione del combustibile utilizzato e di altri parametri operativi variabili caso per caso, in fase di avviamento della turbogas, semplicemente variando *una tantum* il volume prefissato definito internamente da ciascun involucro di risonatore.

Il sistema dell'invenzione presenta dunque i seguenti vantaggi:

- supera i limiti della tecnica nota, evidenziati in precedenza, perché non presenta organi in movimento o necessità di controllo/regolazione;
- i risonatori sono di costruzione meccanica molto semplice ed economica e non richiedono tecnologie particolari;
- il montaggio dei risonatori è particolarmente semplice;
- l'introduzione dei risonatori in un combustore esistente non interferisce minimamente sulla stechiometria della combustione, sulla fluodinamica

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



e sulle prestazioni globali del combustore e, pertanto, non richiede una verifica od una modifica dello stesso.

Ulteriori scopi e vantaggi dell'invenzione appariranno chiari dalla descrizione che segue di un suo esempio di realizzazione non limitativo, fornita a puro scopo esemplificativo e con riferimento alle figure dei disegni annessi, nei quali:

- la figura 1 illustra in sezione una vista longitudinale schematica di un dispositivo combustore per una turbina a gas nota e non illustrata munito del sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo il trovato;
- la figura 2 illustra in scala ingrandita una vista in pianta dall'alto di un risonatore facente parte del sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche dell'invenzione;
- la figura 3 illustra una vista sezionata secondo un piano di traccia III-III del risonatore di figura 2; e
- la figura 4 è un grafico che riassume risultati sperimentali comparativi di studi eseguiti su una medesima turbina ed un medesimo combustore, rispettivamente dotato e privo, del sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

dell'invenzione.

Con riferimento alle figure 1,2 e 3, è indicato nel complesso con 1 un sistema di smorzamento di instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore 2 per una turbina a gas di qualsiasi tipo noto e pertanto non illustrata per semplicità; il dispositivo combustore comprende una camera di combustione 4 di tipo anulare, avente un asse di simmetria A coincidente con l'asse di rotazione della citata turbina a gas non illustrata; una porzione 5 di valle rispetto ad un flusso 6 di gas combusti (indicato dalla freccia) della camera di combustione 4 è collegato in modo noto e non illustrato con almeno uno stadio di espansione della suddetta turbina. Almeno un bruciatore 7 (illustrato solo schematicamente) di qualsiasi tipo noto, è associato alla camera di combustione 4, nella fattispecie montato in corrispondenza di una porzione frontale di monte 8 della camera di combustione 4.

Nella fattispecie, la camera di combustione 4, che è delimitata da una carcassa anulare 10, è servita da una pluralità di bruciatori 7 (dei quali solo uno illustrato per semplicità), portati simmetricamente in corona da un elemento anulare 11 della carcassa 10 in corrispondenza della porzione di monte 8 della stessa.

Il sistema di smorzamento 1 comprende almeno un

PLEBANI Rinaldo  
(Iscrizione Albo n. 3588/M)

risonatore di Helmholtz 12, a sua volta comprendente un involucro 13 definente al proprio interno (figura 3) un volume 14 vuoto di entità prefissata, ed un collo 15 di collegamento idraulico tra il volume 14 e la camera di combustione 4. Secondo l'invenzione, il collo 15 è collegato ad un lato della camera di combustione 4 lontano dalla porzione frontale di monte 8 della stessa provvista del/dei bruciatore/i 7.

In particolare, il sistema di smorzamento secondo il trovato comprende una pluralità (di cui solo uno illustrato per semplicità) di risonatori di Helmholtz 12, tra loro identici (nel seguito indicati più brevemente solo come "risonatori 12"), montati circonferenzialmente in corona, di sbalzo sulla carcassa anulare 10, con i rispettivi colli 15 connessi idraulicamente alla porzione di valle 5 della camera di combustione 4. Secondo un aspetto dell'invenzione i risonatori 12 vengono montati in posizioni asimmetriche uno rispetto all'altro, sia in direzione radiale che assiale, con riferimento all'asse di simmetria A; in altre parole, risultano disposti circonferenzialmente spaziati tra loro ed assialmente spaziati dai bruciatori 7, ovvero dall'elemento anulare 11 portante gli stessi, di un passo irregolarmente variabile.

I risonatori 12 sono alloggiati all'interno di

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



involucro 16, noto con il termine "cassa d'aria" ed illustrato solo parzialmente e schematicamente in figura 1, di adduzione di aria comburente; l'involucro 16 è disposto esternamente alla carcassa anulare 10 ed è sagomato in modo da essere atto ad alimentare direttamente aria comburente a ciascun bruciatore 7, attraverso l'elemento anulare 11.

L'involucro 13 ed il collo 15 di ciascun risonatore 12 presentano una simmetria cilindrica e sono disposti con propri rispettivi assi di simmetria (nella fattispecie illustrata coincidenti ed indicati con B in figura 1) tra loro paralleli ed orientati a formare nella sezione longitudinale di figura 1, un angolo  $\alpha$  prefissato, preferibilmente pari a sostanzialmente  $90^\circ$ , con la direzione del flusso 6 di gas combusti che attraversano in uso la camera di combustione 4. Questa coincide con la direzione di orientamento dell'asse di simmetria di ciascun bruciatore 7, indicato con C in figura 1.

Secondo un aspetto preferito dell'invenzione, l'involucro 13 dei risonatori 12 comprende mezzi di adduzione di un fluido di raffreddamento, nella fattispecie consistenti in una pluralità di fori 18 di diametro prefissato praticati attraverso l'involucro 13 ed atti a permettere il passaggio di (una piccola)

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

parte dell'aria comburente direttamente dall'involucro di adduzione 16 verso la camera di combustione 4 attraverso il volume prefissato 14 ed il collo 15 di ciascuno dei risonatori 12.

I fori 18 sono praticati solamente attraverso un piatto 20 di estremità dell'involucro 13, rivolto in uso da banda opposta alla camera di combustione 4, e sono disposti in posizioni tra loro asimmetriche, come ben evidenziato in figura 2.

Secondo un ulteriore aspetto preferito del trovato, l'involucro 13 di ciascuno dei risonatori 12 comprende mezzi per selettivamente variare il volume prefissato 14 entro un intervallo stabilito.

Tali mezzi per selettivamente variare il volume prefissato 14 di ciascun risonatore 12 consistono in una particolare struttura dell'involucro 13 dei risonatori 12, che comprende due corpi tubolari 21, 22 conformati a tazza, i quali sono montati in modo telescopico coassialmente uno sull'altro (figura 3), con rispettive concavità affacciate, mediante un accoppiamento filettato 23; una ghiera 24 filettata di serraggio è accoppiata esternamente sul corpo tubolare 22 di diametro minore, che nella fattispecie non limitativa illustrata è quello rivolto in uso verso la carcassa 10 e che è pertanto provvisto di pezzo del

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

collo 15 e dotato esternamente di una parte maschio 23a dell'accoppiamento filettato 23; la ghiera filettata 24 è atta in uso ad andare in battuta assiale contro il corpo tubolare 21 di diametro maggiore, che risulta avvitabile esternamente sul corpo tubolare 22, grazie ad una parte femmina 23 b dell'accoppiamento filettato 23, da banda opposta alla camera di combustione 4.

La struttura descritta dell'involucro 13 di ciascun risonatore 12 permette in uso, in particolare in fase di avviamento della turbina a gas e del relativo impianto, di tarare la frequenza propria del risonatore, che può venire così accordata sulle frequenze proprie del combustore 2 da smorzare; infatti tale frequenza propria è determinata dall'ampiezza del volume 14, oltre che dal numero, dal diametro e dalla lunghezza dei colli, dal numero e dalla dimensione dei fori 18, nonché dalla temperatura media del gas presente nei volumi 14 e nei colli 15, la quale è funzione anche del tipo di combustibile usato per l'alimentazione della turbina a gas. Per le applicazioni più consolidate, è ovviamente possibile costruire risonatori 12 di volume 14 fisso, in cui i due elementi tubolari 21, 22 non sono mobili relativamente.

In uso, l'aria contenuta nei volumi 14 determina

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



la rigidezza del sistema di smorzamento; i fori 18 possono avere diametri compresi tra 1,5 mm. e 4,5 mm. e devono essere presenti in numero tale da consentire un buon raffreddamento dei risonatori 12, senza alterare la fluidodinamica di raffreddamento del refrattario presente nella camera di combustione 4.

Per consentire una facile manovra degli elementi tubolari 21,22, l'elemento tubolare 21 più esterno, solidale al piatto 20, è dotato di testa e di pezzo di un dado 25 che serve a serrare l'elemento tubolare 21 contro la ghiera 24, alla distanza prestabilita; la ghiera 24 si avvita sulla parte maschio 23a dell'accoppiamento filettato 23 in modo da forzare l'accoppiamento e di servire da controdado.

I colli 15 sono montato in uso in modo da presentare la propria estremità di sbocco all'interno del volume della camera di combustione 4, nella fattispecie della porzione di valle 5 della stessa. Essi possono estendersi (figura 3, parte illustrata a tratteggio), in alcuni casi, all'interno del volume prefissato 14 delimitato dagli elementi tubolari 21,22 accoppiati e, quindi, oltre ad un piatto 26 (figura 3) dell'elemento tubolare 22 portante di pezzo il rispettivo collo 15; tale configurazione è prevista per aumentare la massa risonante, a parità d'ingombro

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



lungo l'asse B del risonatore; l'estremità del collo 15 che insiste sul piatto 26 la base del tubo è fornita di mezzi di accoppiamento alla carcassa 10, ad esempio risalti oppure un accoppiamento filettato 30.

I risonatori, per loro natura, funzionano nel modo più efficiente quando sono posti in prossimità delle zone con la massima pressione acustica. Tuttavia la posizione angolare di tali zone non è esattamente prevedibile in modo semplice, in quanto la camera di combustione presenta una simmetria assiale.

Tale posizione angolare è inoltre determinata dalle lievi differenze costruttive dei bruciatori.

Per contro, la posizione assiale dei picchi di pressione acustica è posta in corrispondenza della zona di transizione, dove si completa la reazione di combustione, ma può essere determinata solo in modo empirico, tramite un certo numero di misuratori di pressione dinamica, oppure prevista teoricamente tramite programmi agli elementi finiti od agli elementi di contorno.

Le prove sperimentali condotte dalla Richiedente hanno permesso di dimostrare che, per essere efficaci, i risonatori devono essere posizionati in numero adeguato lungo la circonferenza della camera di combustione e, preferibilmente, la loro disposizione

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

non deve presentare simmetria assiale. Essi inoltre devono essere disposti in corrispondenza della porzione di valle della camera di combustione o comunque in corrispondenza del lato della stessa più lontano dai bruciatori.

La presente invenzione viene infine ulteriormente descritta tramite il seguente:

#### Esempio d'applicazione

Il sistema di smorzamento descritto in precedenza con riferimento ai disegni annessi è stato provato in un combustore anulare sperimentale della società richiedente, dove sono stati montati alcuni risonatori conformi al disegno di figura 3, distribuiti lungo la circonferenza della camera di combustione nella posizione indicata in figura 1; più in particolare, il combustore anulare è stato collegato ad una caldaia esistente (40 MWth) ed è costituito dai seguenti componenti:

- una camera di combustione di un AEN/SIE GT commerciale;
- ventiquattro bruciatori ibridi AEN/SIE;
- un sistema d'alimentazione a gas naturale (NG: Natural Gas) per il funzionamento nelle modalità diffusione, premiscelazione e pilota;
- un alimentatore d'aria dal ventilatore della caldaia

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 558/1914)

fornito di un preriscaldatore fino a 350°C;

- un camino (lo stesso della caldaia).

La strumentazione utilizzata comprendeva:

- ♦ un misuratore della portata, della pressione e della temperatura di ogni flusso;
- ♦ un misuratore della differenza di pressione ( $\Delta P$ ) attraverso la camera di combustione;
- ♦ due trasduttori di pressione dinamica installati sulla cassa d'aria;
- ♦ dieci trasduttori di pressione dinamica installati in posizioni opportunamente selezionate della camera di combustione;
- ♦ due trasduttori di pressione dinamica installati sui risonatori di Helmholtz;
- ♦ ventiquattro termocoppie installate in corrispondenza dell'uscita del gas di scarico;
- ♦ campioni di gas di scarico per effettuare l'analisi chimica.

È stato installato un sistema d'acquisizione, capace d'immagazzinare i dati sincronizzati statici e dinamici e d'effettuare il calcolo della trasformata di Fourier (FFT) dei segnali relativi alla pressione dinamica.

È stata portata a termine una prima serie di prove utilizzando la configurazione standard del combustore,

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

per trovare i limiti termoacustici in corrispondenza di condizioni al contorno diverse; successivamente, è stato installato un insieme di risonatori di Helmholtz spazati in direzione assiale e circonferenziale e sono stati studiati nuovamente i limiti termoacustici, utilizzando le stesse condizioni al contorno e variando il volume interno del risonatore, per regolare le frequenze smorzate.

È disponibile una banca dati di grandi dimensioni, contenente i risultati delle prove,

Le prove sopracitate consistono nel riprodurre le condizioni di combustione che si verificano nell'esercizio normale della turbina a gas e nel variare, successivamente, i parametri che influenzano, soprattutto, l'insorgere delle instabilità termoacustiche; questi ultimi sono, essenzialmente, la portata di aria comburente e di combustibile.

In base a dette prove, si ricavano dei grafici, che riportano, in ascissa, l'eccesso d'aria (rapporto portata aria - portata combustibile) e, in ordinata, l'oscillazione di pressione che si misura in camera di combustione (in mbar), attraverso particolari sensori piezoelettrici. Per ogni condizione d'esercizio sperimentata (portata combustibile della fiamma pilota, temperatura dell'aria comburente, portata d'aria

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



comburente), si ottiene una curva del tipo riportato in Figura 4.

Le prove sopracitate sono portate a termine partendo da condizioni d'alta stabilità, che si verificano per valori elevati di AFR, ovvero di rapporto aria/combustibile; successivamente si diminuisce tale rapporto fino a quando si manifestano le prime oscillazioni in camera di combustione (brusco innalzamento dei mbar misurati). Raggiunta la condizione d'instabilità, si aumenta il rapporto aria/combustibile fino a tornare a condizioni stabili. Si osserva che esiste un'isteresi del fenomeno, cioè l'instabilità non scompare allo stesso valore di AFR a cui è comparsa, ma occorre spingersi a valori maggiori in modo significativo; questo andamento è evidenziato nella figura 4, nella quale sono confrontati i cicli d'isteresi misurati sia in presenza di risonatori, sia in assenza degli stessi.

I risultati delle prove dimostrano che la presenza dei risonatori disposti nel modo indicato consente di operare la turbogas fino a valori di AFR molto minori, ovvero allarga significativamente il campo di stabilità del combustore.

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



## RIVENDICAZIONI

1. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche in un dispositivo combustore (2) per una turbina a gas, il dispositivo combustore comprendendo almeno una camera di combustione (4) ed almeno un bruciatore (7) associato a detta camera di combustione e montato in corrispondenza di una porzione frontale di monte (8) della camera di combustione; il sistema di smorzamento comprendendo almeno un risonatore di Helmholtz (12), a sua volta comprendente un involucro (13) definente al proprio interno un volume (14) prefissato ed un collo (15) di collegamento idraulico tra detto volume prefissato (14) e detta camera di combustione (4); caratterizzato dal fatto che detto collo (15) è collegato ad un lato di detta camera di combustione (4) lontano da detta porzione frontale di monte (8) della stessa provvista di detto almeno un bruciatore (7).

2. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta camera di combustione (4) è di tipo anulare, detto almeno un risonatore (12) essendo disposto in posizione circonferenziale intorno a detta camera di combustione, alloggiato all'interno di un involucro (16) di

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

adduzione di aria comburente disposto esternamente ad una carcassa (10) anulare delimitante detta camera di combustione.

3. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto involucro (13) del risonatore comprende mezzi (18) di adduzione di un fluido di raffreddamento.

4. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di adduzione di un fluido di raffreddamento consistono in una pluralità di fori (18) di diametro prefissato praticati attraverso l'involucro (13) del risonatore ed atti a permettere il passaggio di parte di detta aria comburente verso detta camera di combustione (4) direttamente attraverso detto volume prefissato e detto collo del risonatore (12).

5. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detti fori sono praticati solamente attraverso un piatto (20) di estremità di detto involucro del risonatore, rivolto da banda opposta a detta camera di combustione (4), e sono disposti in posizioni tra loro asimmetriche.

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

6. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 5, caratterizzato dal fatto che detto involucro (13) del risonatore comprende mezzi per selettivamente variare detto volume (14) prefissato entro un intervallo stabilito.

7. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto involucro (13) del risonatore comprende due corpi tubolari (21,22) conformati a tazza, i quali sono montati in modo telescopico coassialmente uno sull'altro, con rispettive concavità affacciate, mediante un accoppiamento filettato (23); ed una ghiera (24) filettata di serraggio, la quale è accoppiata esternamente su un primo (22) di detti corpi tubolari a tazza provvisto di pezzo di detto collo (15) ed è atta ad andare in battuta assiale contro un secondo (21) di detti corpi tubolari a tazza, avvitato esternamente sul primo da banda opposta a detta camera di combustione.

8. Sistema (1) di smorzamento di instabilità termoacustiche secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 7, caratterizzato dal fatto che detto involucro (13) e detto collo (15) di detto almeno un risonatore presentano una simmetria cilindrica e

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



sono disposti con propri rispettivi assi di simmetria (B) tra loro paralleli ed orientati a formare un angolo prefissato con una direzione di flusso (6) di gas combusti che attraversano detta camera di combustione.

9. Sistema (1) di smorzamento d'instabilità termoacustiche secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto angolo prefissato è pari a sostanzialmente  $90^\circ$ .

10. Sistema (1) di smorzamento d'instabilità termoacustiche secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 8 o 9, caratterizzato dal fatto di comprendere più di un detto risonatore di Helmholtz (12), detto combustore comprendendo più di un detto bruciatore (7); detti risonatori (12) essendo montati circonferenzialmente in corona, di sbalzo su detta carcassa anulare (10) delimitante detta camera di combustione (4), in posizioni asimmetriche uno rispetto all'altro, sia in direzione radiale che assiale con riferimento ad un asse di simmetria (A) di detta camera di combustione anulare, e con i rispettivi colli (15) connessi idraulicamente ad una porzione di valle (5) di detta camera di combustione.

p.i.: ANSALDO ENERGIA S.P.A.

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)



CAMERA DI COMMERCIO  
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
DI TORINO

PLEBANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

TO 2003A001013

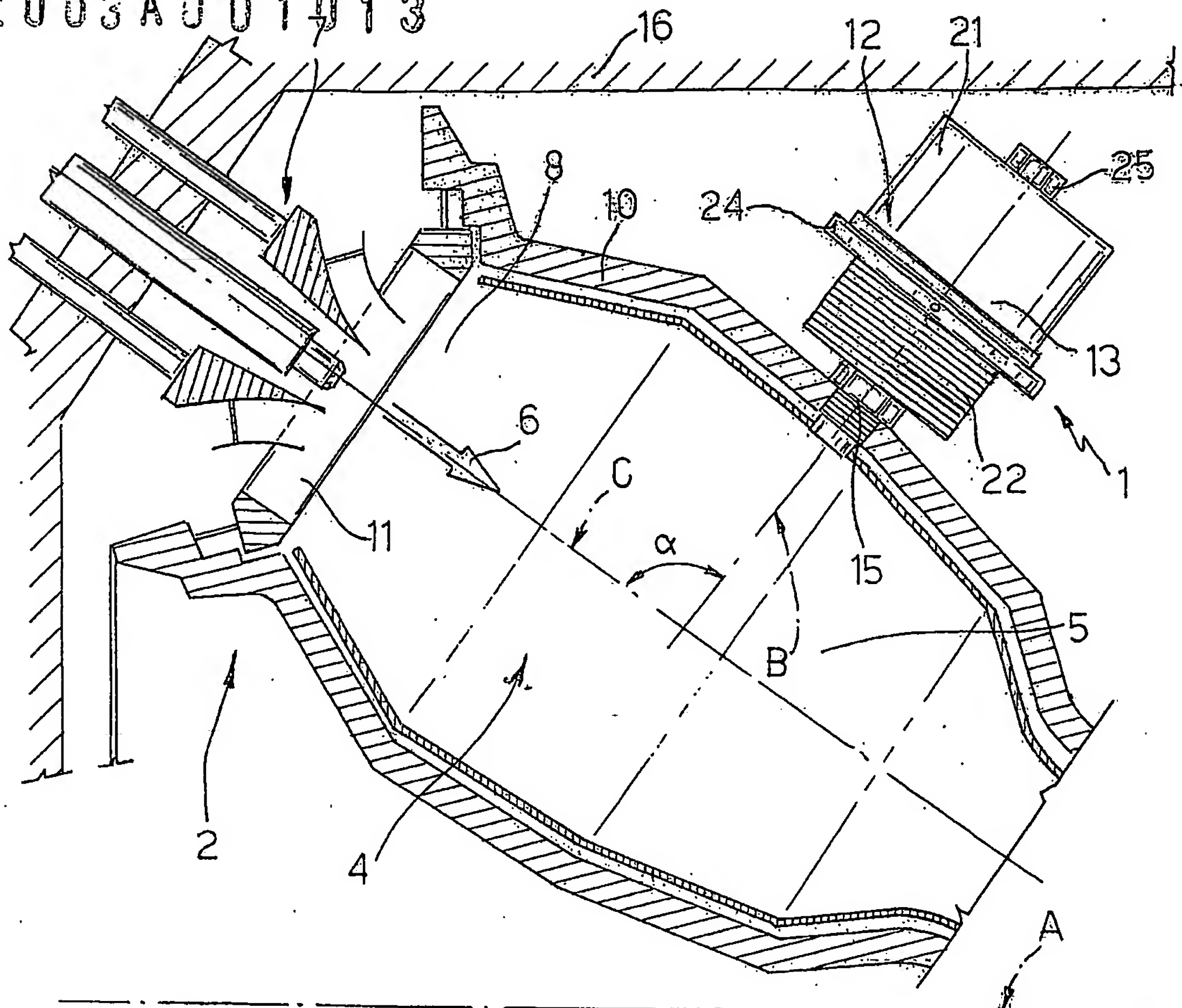


Fig. 1

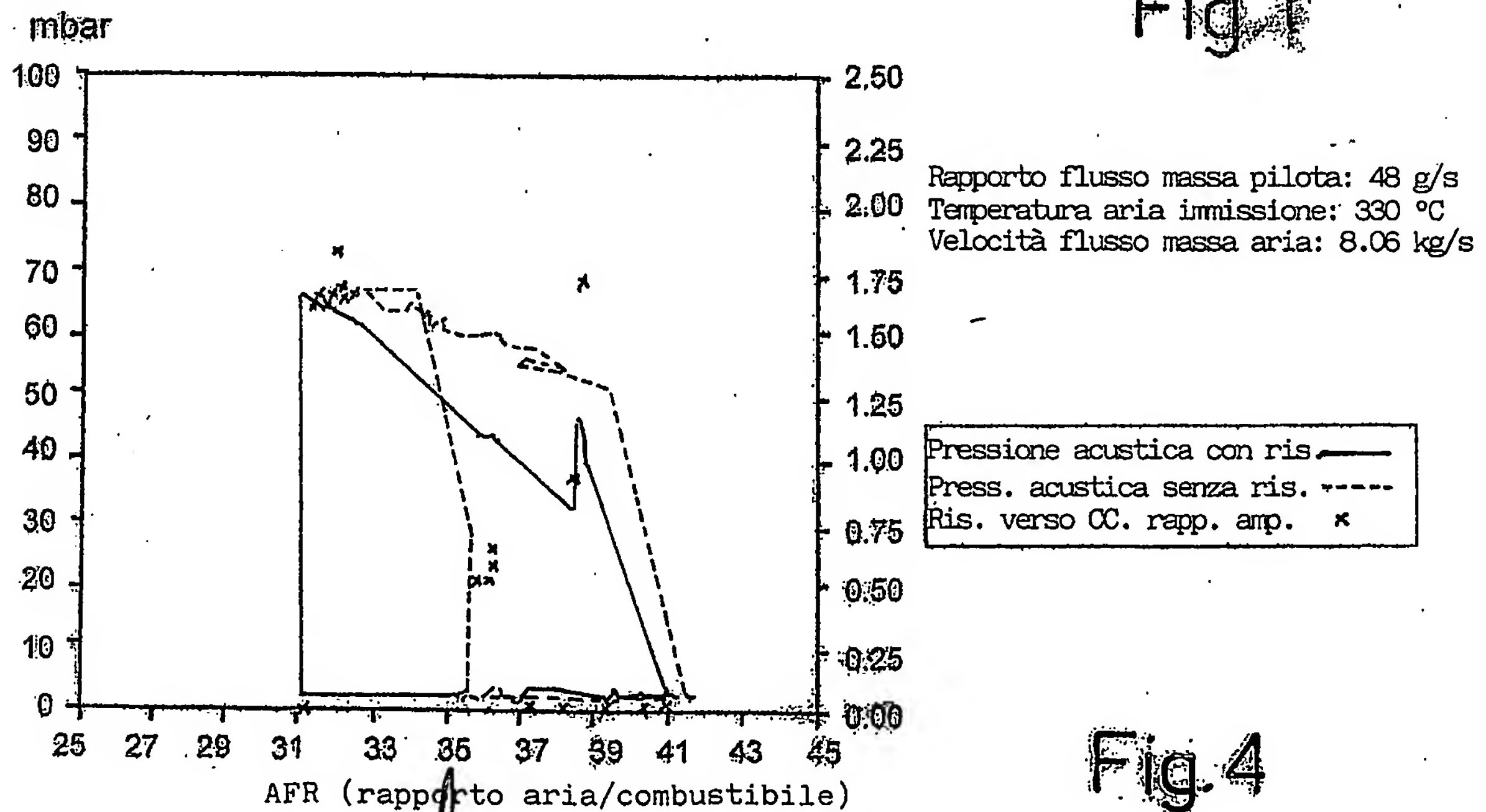


Fig. 4

p.i.: ANSALDO ENERGIA S.P.A.

PLANEANI *Alfredo*  
 (iscrizione Albo n. 358/BM)

CAMERA DI COMMERCIO  
 INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
 DI TORINO

TO 2088 A 010131

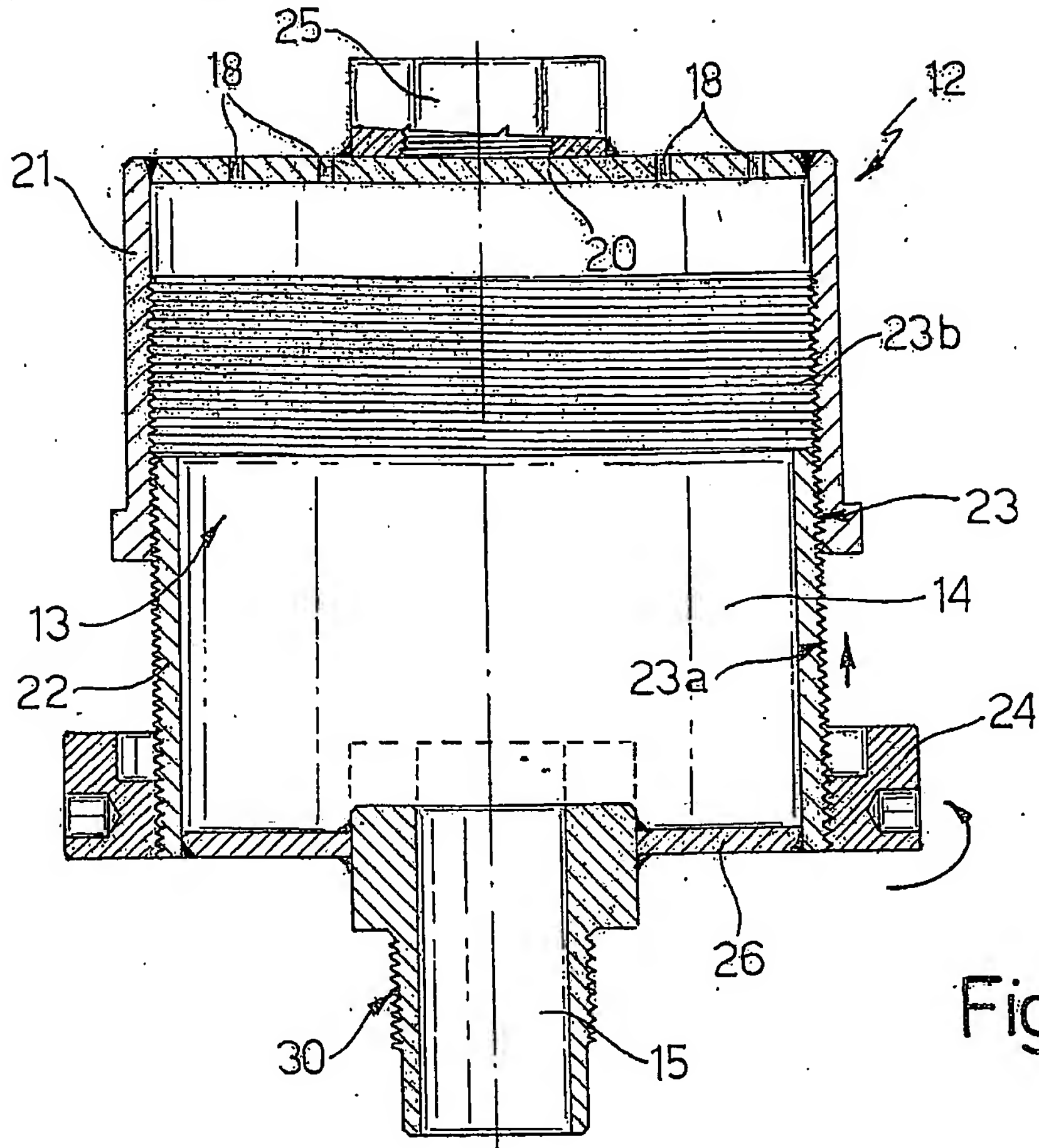


Fig. 3

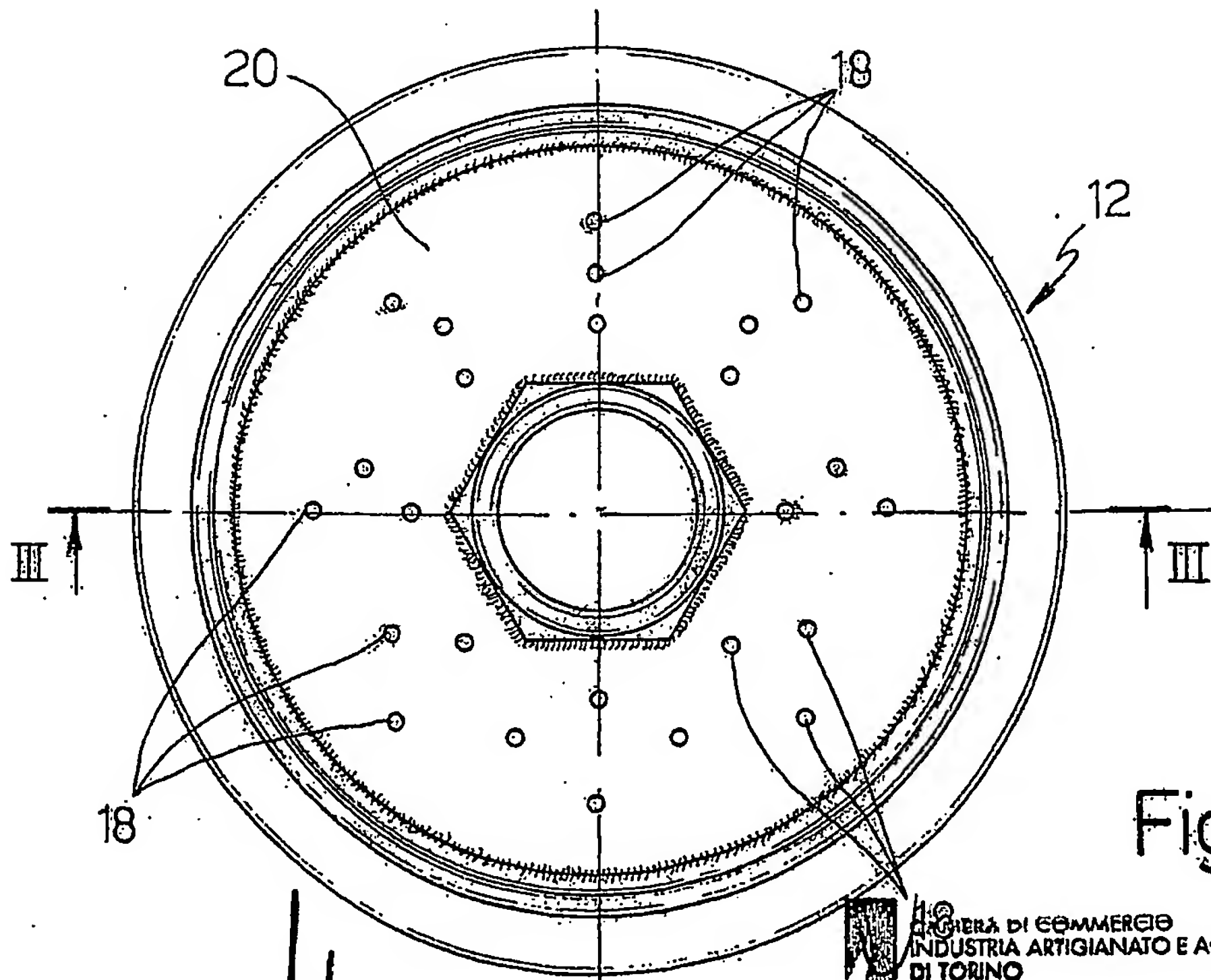


Fig. 2

p.i.: ANSALDO ENERGIA S.P.A.

PUEFANI Rinaldo  
(iscrizione Albo n. 358/BM)

UFFICIO DI COMMERCIO  
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
DI TORINO